

## Economie circulaire et les ressources intégrées

\* **R. FARES**

Université Ahmed ZABANA Relizane–Algérie

\*Corresponding author: sdjournad@yahoo.com

### RÉSUMÉ

Une économie circulaire offre des solutions au défi mondial de la durabilité grâce à la transition de l'économie linéaire de prise-utilisation-élimination à une meilleure organisation des ressources. Cependant, la réalisation d'une économie circulaire a couru en diverses contraintes biophysiques. La mise en œuvre de l'économie circulaire est façonnée par le diagramme papillon de la Fondation Ellen MacArthur qui décrit les flux " biologiques " et " techniques " comme des cycles séparés, interprétés par la suite comme des matières organiques circulant dans des systèmes en boucle ouverte via l'environnement et des matériaux inorganiques circulant dans des systèmes en boucle fermée au sein de la société. À l'inverse, à notre avis, les flux de ressources contiennent souvent des combinaisons étroitement liées de matériaux organiques et inorganiques, soit en raison de leur composition naturelle, soit en raison de leur conception technique. Sur la base de cette observation, un nouveau diagramme est proposé qui élargit la portée de l'économie circulaire pour couvrir les secteurs extractifs et le retour des matériaux de l'utilisation anthropique vers les réserves naturelles, remodelant ainsi l'espace conceptuel

dans lequel des solutions telles que l'efficacité zéro déchet-résidu des technologies, des modèles commerciaux et des politiques peuvent être développés pour une gestion optimale des ressources intégrées dans une perspective globale. Le diagramme offre une perspective réaliste des limites biophysiques de la circularité et s'efforce d'inspirer des discussions qui

soutiennent la transition vers une économie circulaire durable.

**Mots clés :** Gestion des déchets, Technologie de récupération des ressources, Modèles commerciaux circulaires.

### 1. Économie circulaire

Entre 1970 et 2010, l'utilisation mondiale des ressources est passée de 23,7 à 70,1 milliards de tonnes, due à la croissance démographique et économique et l'évolution des modes de consommation ou cette tendance à accélérer l'exploitation des ressources naturelles et la production de déchets se poursuit. (UNEP, 2016, IRP, 2019)

L'utilisation actuelle des ressources mondiales, l'élimination des déchets et les émissions ont entraîné des niveaux critiques de changement climatique et de dégradation de l'environnement. Par exemple, les industries extractives sont responsables de la moitié des émissions mondiales de carbone, l'extraction et le traitement des ressources ont entraîné une perte de 90% de la biodiversité et du stress hydrique avec des niveaux d'impact plus dangereux sur le climat et les systèmes de soutien de la vie naturelle qu'on ne le pensait (Rockström et al., 2009). Le déclin de l'environnement induit par une gestion non durable des ressources a un impact négatif sur les droits humains fondamentaux tels que les droits à la vie, à la nourriture, à l'eau, à l'autodétermination et à un environnement sûr, sain et écologiquement équilibré tout en mettant en danger la stabilité des économies (Raworth, 2017).

L'économie circulaire a été proposée comme solution pour minimiser l'apport de matières premières et la production de déchets, elle est toujours un domaine émergent et bien que le potentiel d'une plus grande circularité des ressources pour contribuer au développement durable ait été largement reconnu, les relations entre les concepts de durabilité et d'économie circulaire, la mise en œuvre pratique et les preuves quantitatives des effets bénéfiques de la circulaire les pratiques économiques sur le triple résultat dans les domaines économique, environnemental et en particulier social sont sous-explorées (Millar et al., 2019). La mise en œuvre d'une économie circulaire rencontre les limites biophysiques de la circularité telles que les besoins énergétiques élevés de récupération des ressources et les pertes de qualité des ressources, la demande continue d'extraction de ressources vierges et de ressources contenant des éléments organiques et inorganiques par nature ou par conception.

### 2. Flux biologiques et techniques

Les vues actuelles sur l'économie circulaire sont façonnées par le diagramme papillon de la Fondation Ellen MacArthur, qui sépare les flux de matériaux «biologiques» et «techniques» (EMF, 2017). Les matériaux «techniques» sont des matériaux finis, utilisés dans un système en boucle fermée par le partage, la maintenance, la réutilisation, la remise à neuf et le recyclage des produits. Inversement, les matériaux biologiques sont renouvelables et organisés en un système de ressources en boucle ouverte se déroulant en cascade à travers les étapes d'extraction, de production de matériaux bio sources, de récupération d'énergie et de retour des nutriments dans la biosphère pour nourrir le prochain cycle de produits primaires (Carrez et van Leeuwen, 2016). Ce diagramme a saisi l'imagination des hommes d'affaires et des milieux politiques, contribuant ainsi à mettre fermement l'économie circulaire à l'ordre du jour. Par exemple, la fabrication de véhicules électriques et d'éoliennes nécessite un changement radical dans l'approvisionnement en métaux des terres rares tels que le néodyme (Fishman et Graedel, 2019). Si l'on met de côté ces prévisions d'accélération de l'exploitation des ressources naturelles même dans une économie circulaire, les secteurs extractifs et la première transformation des matériaux sont largement exclus du diagramme papillon (Velenturf et al., 2019). Ces secteurs sont les plus grands producteurs de déchets et consommateurs d'énergie dans le système de production-consommation (Haas et al.,

2015) et la pensée de l'économie circulaire pourraient offrir des avantages significatifs ici pour minimiser les externalités environnementales et sociales souvent négligées. L'exploitation des terres rares, par exemple, a des impacts environnementaux et sociaux mal quantifiés (McLellan et al., 2014). Enfin, les matériaux ont tendance à être hétérogènes lorsqu'ils sont extraits de l'environnement et / ou transformés au cours de la production, de la consommation et de l'élimination, c'est-à-dire que les matériaux et les produits sont généralement constitués de plus d'un type de ressource; cet article approfondira cette observation.

### 3. Les éléments organiques et inorganiques sont intégrés dans les ressources

De grandes proportions de flux de matières contiennent des composites et des mélanges d'éléments organiques (tels que les produits agricoles) et inorganiques (tels que les métaux)<sup>1</sup> qui sont techniquement difficiles et coûteux à séparer. Les composites et les mélanges se trouvent naturellement dans l'environnement, par exemple sous la forme de la plupart des roches sédimentaires (conglomérats et agrégats), des minerais et minéraux métalliques, des sols et des organismes vivants. Les matériaux peuvent également être conçus, consciemment ou inconsciemment, pour s'intégrer lors de l'extraction, de la production, de la consommation et de l'élimination. Les exemples sont le drainage minier acide / métallique, les déchets de métaux précieux (par exemple la poussière de route et les revêtements de four), les scories d'acier, les composants de voiture, la peinture, les eaux usées et les résidus de bioénergie (par exemple les cendres et le digestif).

### 4. Nouvelle perspective sur l'économie circulaire

Poursuivre la réflexion sur la visualisation des types d'économie circulaire initiée par d'autres tels que EMF (2017) et Carus et Dammer (2018), un nouveau schéma pour une économie circulaire est proposé basé sur des matériaux intégrés (constitués de matériaux mixtes organiques et inorganiques) circulant à travers l'environnement biophysique et le système de production-consommation, revisitant ainsi la relation avec l'environnement et les limites théoriques d'une économie circulaire. Notez les aspects suivants de la nouvelle perspective (Figure 1):

- Le système de production-consommation créé et contrôlé par l'homme est intégré dans un environnement

biophysique plus large qui, bien que non contrôlé par l'activité humaine, peut en être influencé. Les systèmes de production-consommation et les environnements biophysiques forment des conditions spécifiques au contexte qui peuvent varier entre les différentes parties du monde et les actions visant à mettre en œuvre l'économie circulaire peuvent devoir être adaptées aux conditions locales mais optimisé du point de vue de l'ensemble du système (Millward- Hopkins et al., 2018 ).

- Les gens prennent des matériaux naturels (flèches épaisses sur la Figure 1) dans les réserves de l'environnement non contrôlé et les transforment en matériaux industriels (flèches étroites), qui sont utilisées dans le système de production-consommation (Iacovidou et al., 2018 ).

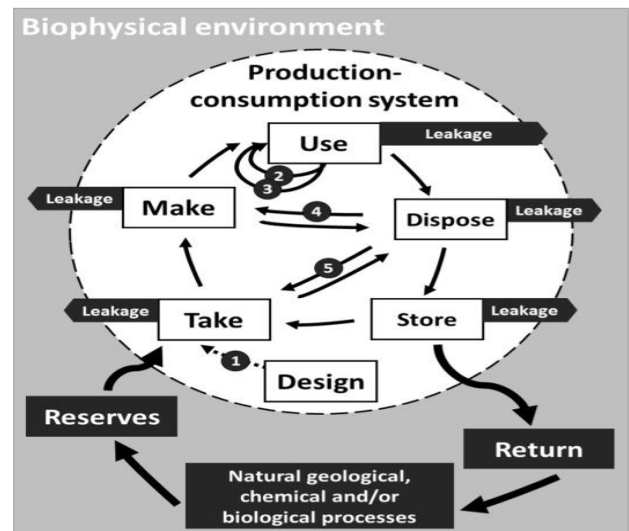
- Idéalement, les systèmes de production-consommation devraient être conçus en tenant compte d'une économie circulaire durable, priorisant ainsi l'étape cruciale de conception des produits. On peut dire que c'est la conception qui détermine 80% des impacts environnementaux et des avantages des produits sur l'ensemble de leur cycle de vie. C'est à ce stade que les déchets évitables peuvent être conçus hors de l'économie. La conception est [1] sur la Figure 1 , suivie par la promotion de la consommation partagée [2], la réutilisation et la réparation [3], la remise à neuf [4] et le recyclage [5]. Cela augmentera la productivité des ressources par unité fonctionnelle et pourrait soutenir la génération d'impacts environnementaux et sociaux positifs nets grâce à l'utilisation des ressources.

- Produits et / ou matériaux qui ne peuvent pas être recyclés en fin d'utilisation dans le système de production-consommation, par exemple en raison d'un manque d'infrastructures de gestion des déchets appropriées (Purnell , 2017 ), devrait être repensé pour éliminer tous les déchets évitables; pour le temps que ces matériaux et produits persistent, la récupération ou le stockage d'énergie dans un environnement contrôlé doivent être envisagés(Walport et Boyd, 2017).

- Les produits et les matériaux qui sont déjà, et dans le futur, devront peut-être être stockés dans un environnement contrôlé peuvent être soumis à des solutions de récupération des ressources conçues pour imiter et accélérer les processus trouvés dans les systèmes naturels pour récupérer les matériaux et ne laisser aucun autre matériau que ceux qui peuvent être utilisés par l'industrie et / ou retournés en toute sécurité dans l'environnement biophysique non contrôlé.

- Les fuites incontrôlées de matériaux industriels dans l'environnement sous forme de pollution doivent être gérées de manière globale et arrêtées si possible. La conception de fuites nocives pour l'environnement hors du système est difficile et coûteuse mais techniquement réalisable dans les nouvelles infrastructures de construction, en particulier lorsqu'elle est combinée à une meilleure conception du système de production-consommation et des matériaux, produits et processus qui s'y trouvent.

- Les matériaux industriels qui ne sont plus nécessaires à la production doivent être retournés en toute sécurité dans l'environnement biophysique qui n'est pas directement contrôlé par l'activité humaine (zone grise sur la figure 1 ), en remettant les matériaux aux processus géologiques, chimiques et biologiques naturels et en les réintégrant dans le capital naturel des réserves pouvant nourrir les futurs cycles de production-consommation.



**Figure 1 :**Diagramme intégré des flux de ressources pour l'économie circulaire (légende: les flèches épaisses sont des matériaux naturels, les flèches minces sont des matériaux industriels, la flèche en pointillé est immatérielle; [1] la prévention en concevant tous les déchets évitables, [2] la consommation partagée, [3] réutilisation et réparation, [4] reconditionnement, [5] recyclage)

Les nouveaux systèmes de récupération des ressources doivent être accompagnés de modèles commerciaux innovants qui permettent la création, la fourniture et la capture de valeurs à partir de chaînes d'approvisionnement circulaires. Les modèles commerciaux circulaires (CBM) sont un domaine en

développement rapide avec plusieurs lacunes dans la recherche, y compris les CBM pour les entreprises actives dans les secteurs primaires et les premiers stades du (re) traitement des matériaux, et les outils et approches pour l'inclusion croissante des valeurs multidimensionnelles dans l'environnement, domaines sociaux, techniques et économiques en modèles économiques (Agrimax, 2017). Un problème récurrent dans la mise à l'échelle des nouvelles technologies de récupération des ressources est la viabilité commerciale (Gomes et al., 2019). Cela est souvent dû au fait que l'évaluation du potentiel de commercialisation dépend de la vente d'un ou de quelques-uns des matériaux récupérés (par exemple un métal), plutôt que de considérer la gamme complète des matériaux récupérés (par exemple, y compris les agrégats / sols nettoyés) ainsi que les valeurs sociales et environnementales créées (par exemple, la réduction de la pollution, la capture du carbone et la valeur d'agrément des terres assainies).

La mise en œuvre d'une économie circulaire entraîne des changements dans divers domaines de l'administration, tels que l'environnement, la stratégie industrielle, la croissance économique, les infrastructures, les collectivités, le commerce international et la défense (BEIS, 2017). Un défi majeur dans la réalisation des pratiques circulaires est la coordination et l'intégration des politiques limitées entre les ministères et leurs politiques et réglementations (Velenturf et al., 2018).

## 5. Conclusion

Le diagramme proposé (Fig. 1) élargit la portée de l'économie circulaire et remodèle l'espace conceptuel dans lequel des solutions peuvent être développées pour la gestion optimale des ressources intégrées dans une perspective globale. L'économie circulaire s'est imposée comme un sujet académique et a généré une vague d'action optimiste au sein du gouvernement, de l'industrie et de la société. On craint toutefois que les résultats de ces actions n'apportent pas les gains économiques, sociaux et environnementaux escomptés. Pour maintenir l'élan positif, dans un avenir immédiat, il est important de s'engager de manière critique avec la capacité des approches de l'économie circulaire à contribuer au développement durable à partir d'une position d'idéalisme pratique où la théorie et la mise en œuvre se rencontrent. La perspective présentée ici offre une perspective réaliste des limites biophysiques de la circularité et s'efforce d'inspirer des discussions qui soutiennent la transition vers une économie circulaire durable.

## Références

1. Agrimax, Agrimax Set up of the cooperative processing business model: proceedings on the stakeholder workshop on agri-food processing waste sustainable supply chains [http://agrimax-project.eu/files/2017/05/AgriMAX-Stakeholder-Workshop-Proceedings\\_final.pdf](http://agrimax-project.eu/files/2017/05/AgriMAX-Stakeholder-Workshop-Proceedings_final.pdf) (2017)
2. BEIS (Department for Business, Energy and Industrial Strategy) Industrial Decarbonisation and Energy Efficiency Action Plans <https://www.gov.uk/government/publications/industrial-decarbonisation-and-energy-efficiency-action-plans> (2017)
3. Carus and Dammer, M. Carus, L. Dammer The "circular bioeconomy" – concepts, opportunities and limitations. Nova paper #9 on bio-based economy 2018-01 <http://bio-based.eu/nova-papers/> (2018)
4. EMF (Ellen MacArthur Foundation), 2017 EMF (Ellen MacArthur Foundation) <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/infographic> (2017)
5. Fishman and Graedel, T. Fishman, T.E. Graedel Impact of the establishment of US offshore wind power on neodymium flows *Nat. Sustain.*, 2 (2019), pp. 332-338 <https://www.nature.com/articles/s41893-019-0252-z>
6. Gomes et al., H.I. Gomes, A. Jones, M. Rogerson, I.T. Burke, W.M. Mayes Vanadium removal and recovery from bauxite residue leachates by ion exchange *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 23 (22) (2016), pp. 23034-23042 <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-016-7514-3>
7. Haas, W. Haas From throwaway society to circular economy: solution or comforting illusion? *Europe Now*, <https://www.europenowjournal.org/2019/05/06/from-throwaway-society-to-circular-economy-solution-or-comforting-illusion/> (2019)
8. Iacovidou et al., 2018 E. Iacovidou, A.P.M. Velenturf, P. Purnell Quality of resources: a typology for supporting transitions towards resource efficiency using the single-use plastic bottle as an example *Sci. Total Environ.*, 647 (2018), pp. 441-448
9. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969718328389>
10. of the International Resource Panel, United Nations Environment Programme, Nairobi, Kenya (2019)
11. McLellan et al., B.C. McLellan, G.D. Corder, A. Golev, S.H. Ali Sustainability of the rare earths industry *Procedia Environ.Sci.*, 20 (2014), pp. 280-287 <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187802961400036X>
12. Millar et al., N. Millar, E. McLaughlin, T. Boerger The circular economy: swings and roundabouts? *Ecol. Econ.*, 158 (2019), pp. 11-19, 10.1016/j.ecolecon.2018.12.012
13. Millward-Hopkins et al., J. Millward-Hopkins, O. Zwirner, P. Purnell, C.A. Velis, E. Iacovidou, A. Brown Resource recovery and low carbon transitions: the hidden impacts of substituting cement with imported 'waste' materials from coal and steel production (2018).
14. *Glob. Environ. Chang.*, 53 (2018), pp. 146-156, 10.1016/j.gloenvcha.2018.09.003
15. Purnell, P. Purnell On a voyage of recovery: a review of the UK's resource recovery from waste infrastructure *Sustain.*

16. Raworth, K. *Raworth Doughnut Economics: Seven Ways to Think Like a 21st-century Economist* Random House Business Books, London (2017)
17. Rockström et al., J. Rockström, W. Steffen, K. Noone, Å. Persson, F.S.I. Chapin, E. Lambin, T. Lenton, M. Scheffer, C. Folke, H.J. Schellnhuber, et al. Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity *Ecol. Soc.*, 14 (2) (2009), p. 32 <http://archives.pdx.edu/ds/psu/8946>
18. United Nations Environment Programme (UNEP) *Global material flows and resource productivity: assessment report for the UNEP international resource panel* [http://unep.org/documents/irp/1600169\\_LW\\_GlobalMaterialFlowsUNEReport\\_FINAL\\_160701.pdf](http://unep.org/documents/irp/1600169_LW_GlobalMaterialFlowsUNEReport_FINAL_160701.pdf) (2016).
19. Velenturf et al., A.P.M. Velenturf, P. Purnell, L.E. Macaskie, W.M. Mayes, D. Sapsford 1. A new perspective on a global circular economy L. Macaskie, D. Sapsford, W. Mayes (Eds.), *Resource Recovery From Waste: Towards a Global Circular Economy*, Royal Society of Chemistry (2019)
20. Walport and Boyd, M. Walport, I. Boyd *Report of the Government Chief Scientific Adviser 2016, From Waste to Resource Productivity* The Government Office for Science, London(2017) [https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/667476/from-waste-to-resource-productivity-final-report.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/667476/from-waste-to-resource-productivity-final-report.pdf)
- 21.